



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1201-2024

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 243



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Agosto, 2024



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1201-2024	2. Versión No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 243	4. Fecha del Informe 06/08/2024
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440	
6. Palabras clave Ninguna	
7. Resumen <i>El presente informe de inspección de los taludes de la ruta nacional 243, es producto de las inspecciones de taludes que realiza el Programa de Ingeniería Geotécnica del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) que se realizan en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según se indica en el artículo 6 de la ley 8114.</i> <i>Debido a las condiciones de estabilidad observadas a lo largo de la ruta nacional 243, este informe proporciona un inventario actualizado de los sitios que muestran evidencia de inestabilidad y los factores que pueden incidir negativamente en el equilibrio del terreno, lo cual puede ser utilizado como insumo para análisis detallados por parte de la Administración. Se encontraron 46 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, que entre otros rasgos presentan afectación por mal manejo de escorrentía superficial y erosión. Adicionalmente, se lograron inspeccionar y evaluar un total de 2 puntos con mayor especificidad.</i> <i>Es importante destacar que este informe constituye un insumo y una guía que puede ser tomada en consideración para llevar a cabo análisis adicionales con un mayor grado de detalle, que deben ser realizados por el profesional en geotecnia responsable de emitir las propuestas e implementar las obras requeridas, si fuese necesario.</i> <i>Este informe de inspección de taludes tiene validez únicamente en su forma íntegra y original. No se permite la reproducción total ni parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR</i>	
8. Inspección e informe por: Ing. Laura Solano Matamoros Inspectora nivel 2 Programa de Ingeniería Geotécnica	9. Revisado por: Nidia María Segura JiménezAsesoría Legal LanammeUCR
10. Revisado y aprobado por: Ana Lorena Monge Sandí, MSc. Coordinadora Programa Ingeniería Geotécnica	



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe tiene como propósito realizar una evaluación preliminar de los taludes a lo largo de la ruta nacional 243. Este informe presenta los resultados de la aplicación de la herramienta RC-545 “Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes” V02 y el instructivo IT-IN-05 “Procedimiento para inspección de taludes” V02, elaborado por el Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR y cuya validación se realiza en campo con criterio profesional experto.

El trabajo llevado a cabo se centró en la inspección exhaustiva de los taludes a lo largo de la Ruta Nacional 243, identificando cualquier indicio de inestabilidad. La inspección estuvo a cargo de un profesional experto de PIG. Dependiendo de la posible incidencia de la evidencia de inestabilidad identificada, se realizó la evaluación del talud considerando su condición de estabilidad actual, caracterización y las condiciones del entorno. En algunos casos, se registró únicamente la ubicación y una descripción general de la evidencia de inestabilidad observada, con el propósito de mantener un registro detallado y monitorear los sitios inestables desde una perspectiva geotécnica.

Como resultado de la evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 7+976 con la herramienta RC-545, se obtuvo una clasificación baja para la afectación del talud y el nivel de incidencia a las estructuras cercanas, por lo que estos sitios no requieren de análisis más profundos.

Para el talud ubicado en el estacionamiento 27+337, se obtuvo una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. El talud se conforma por material compuesto predominantemente roca medianamente agrietada. La presencia de bermas deja en evidencia que el talud ya ha sido intervenido, sin embargo, persisten problemas asociados al manejo de aguas que afectan negativamente la estabilidad de este.

Los resultados de esta evaluación ofrecen información valiosa para identificar las condiciones de sitios específicos durante el período de la evaluación. Además, se proporcionan recomendaciones generales para el mantenimiento de los taludes y la prevención o mitigación de posibles deslizamientos.

Es importante enfatizar que, aunque este informe cuenta con un respaldo técnico adecuado, corresponde a los resultados de una inspección y evaluación visual realizada en un momento específico. Por lo tanto, constituye un insumo inicial para los análisis definitivos y para la toma de decisiones finales o recomendaciones de diseños de obras de ser necesarias. Para ello, se requiere un estudio completo que debe ser realizado por un profesional en geotecnia designado por la Administración para emitir propuestas e implementar obras de estabilidad de taludes, en caso de ser necesarias.

El objetivo final es garantizar la seguridad y eficiencia del tránsito en esta ruta nacional, promoviendo el bienestar de los usuarios y contribuyendo al desarrollo sostenible del país. Se insta a la Administración a realizar estudios geotécnicos exhaustivos y a considerar todas las variables para tomar decisiones informadas y seguras.



Contenido

I.	INTRODUCCIÓN	5
II.	OBJETIVOS	6
II.1	Objetivo general	6
II.2	Objetivos específicos	6
III.	ALCANCE DEL INFORME	7
IV.	DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS.....	8
V.	RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN	10
VI.	COMENTARIOS FINALES.....	16
VII.	RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN	17
VIII.	REFERENCIAS	18



I. INTRODUCCIÓN

La inspección y evaluación a elementos que son considerados activos viales, como lo son los taludes, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley N°8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Dado lo anterior, el presente documento es un informe de inspección y evaluación de taludes de la ruta nacional 243 que se enmarca en las funciones de fiscalizador que la ley citada le confiere al LanammeUCR.

El trabajo realizado consiste en la inspección y evaluación de los taludes o laderas a lo largo de toda la ruta, con especial atención a aquellos que muestran signos de inestabilidad. Este análisis se llevó a cabo siguiendo el procedimiento establecido en el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, desarrollado por el PIG del LanammeUCR. Además, se destaca que la validación de los resultados se realizó en campo, contando con la experiencia y el criterio profesional de expertos en el área.

Como parte de la evaluación, además de utilizar el RC-545 "Herramienta del Lanamme para inspección de taludes" V02, se implementó la herramienta simplificada que consiste en un levantamiento rápido para el cual se registra la fecha del levantamiento, coordenadas exactas del sitio, la evidencia de inestabilidad y una fotografía de la condición. La herramienta simplificada surge a raíz de la limitación de algunas zonas de las carreteras de montaña en cuanto a espacios disponibles para estacionar el vehículo sin obstruir el flujo del tránsito, sin poner en riesgo la vida de los operarios de las evaluaciones y de los usuarios de la carretera. Con esta otra herramienta es posible identificar sitios con evidencias de inestabilidad que puedan evolucionar a movimientos de material que eventualmente afecten la carretera al cambiar sus condiciones geométricas o de saturación del medio.

Los resultados de esta evaluación representan un insumo que permitirá tener un conocimiento de los sitios específicos que al momento de la evaluación presentan inestabilidades de algún tipo, así como recomendaciones técnicas generales para el mantenimiento de los taludes o laderas y prevención o mitigación de posibles deslizamientos.



II. OBJETIVOS

II.1 *Objetivo general*

Inspeccionar y evaluar la condición de los taludes o laderas a lo largo de toda la ruta nacional 243 y su entorno, para determinar si en su estado actual amerita realizar estudios y análisis adicionales para establecer su condición de estabilidad.

II.2 *Objetivos específicos*

- Determinar las características generales de los materiales que componen los taludes o laderas y el estado que muestran al momento de la inspección
- Establecer si existe evidencia de movimiento o falla en los taludes o laderas bajo las condiciones del entorno en que se encuentran
- Verificar si existen obras de drenaje, manejo de aguas o estabilización
- Revisar si la condición de los taludes o laderas puede impactar directamente emplazamientos, vías o servicios cercanos que generen afectación a los usuarios.

El presente informe pretende establecer niveles de evaluación y clasificación de la condición de los taludes o laderas para la identificación de la necesidad o no de recomendaciones técnicas o intervenciones más profundas a cargo de profesionales en geotecnia responsables de diseños, a partir de la evaluación visual realizada del talud, designados por la Administración .



III. ALCANCE DEL INFORME

El presente informe no está destinado a presentar los resultados de una evaluación rigurosa del riesgo de los taludes evaluados, puesto que este tipo de evaluaciones requieren de la incorporación de conceptos más complejos. No obstante, con este se pretende establecer niveles de evaluación y clasificación de la condición de los taludes con base en el criterio experto del Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR, para la identificación de la necesidad o no de recomendaciones técnicas o intervenciones más profundas, a partir de la evaluación visual realizada del talud.

En este sentido, la evaluación realizada establece dos áreas generales de estudio, a saber:

- La caracterización del talud: En esta se incluyen las características talud, tales como altura, pendiente, material que lo conforma entre otros, así como condiciones climáticas de la zona.
- Observaciones en la zona del talud: En esta, la evaluación se concentra en verificar si hay evidencia de movimiento y si existe alguna posible afectación en la zona circundante al talud.

Para efectos de los alcances de este informe se han establecido tres niveles (ver Tabla 1), cuya asignación se determina según la aplicación de la herramienta y el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, elaborado por el PIG del LanammeUCR y cuya validación se realiza en campo con criterio profesional experto y que se presentan a continuación:

Tabla 1

Clasificación de la condición de los taludes con base a criterio experto del PIG LanammeUCR

Clasificación	Descripción
Baja	El nivel de afectación del talud leve y la incidencia sobre las estructuras cercanas no implica análisis adicionales específicos o más profundos del sitio. Las recomendaciones que se brindan son de carácter general.
Media	El nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas requiere de una evaluación específica del sitio, con el fin de determinar si el talud requiere de recomendaciones especiales para el sitio o análisis más profundos, o si bien las recomendaciones generales son suficientes para mejorar la condición del talud.
Alta	El nivel de afectación del talud y la incidencia sobre estructuras cercanas requiere realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado. Las recomendaciones dependerán del resultado del análisis, si son requeridas.



IV. DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS

Con la finalidad de evaluar la condición desde el punto de vista geotécnico de los taludes y laderas de la ruta nacional 243 y contar con un inventario de los taludes o laderas que presentan indicios de inestabilidad a lo largo del sector de carretera de montaña de la ruta, se realizó el recorrido capturando las coordenadas, y evidencia fotográfica de los sitios que bajo el criterio del profesional experto en el área fueron considerados de interés para el monitoreo del comportamiento de los taludes y su afectación en la ruta.

En total fueron identificados 46 sitios con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales 2 fueron evaluados a detalle aplicando la herramienta RC-545 "herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02 bajo la metodología descrita en el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, y para todos se cuenta con el registro de su ubicación y referencia fotográfica como resultado de la aplicación de la herramienta simplificada de evaluación.

En la Figura 1 se muestran los sitios identificados con algún indicio de inestabilidad. Las cruces rojas muestran los sitios de interés geotécnicos levantados con la herramienta simplificada y los círculos azules con el RC-545. En la Tabla 2 y Tabla 3 se enlistan las ubicaciones de los registros de sitios identificados con condiciones que son consideradas evidencias de inestabilidad registrados con la herramienta simplificada y con la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" del PIG respectivamente.

Figura 1

Ubicación de los sitios con evidencia de inestabilidad en la ruta nacional 243

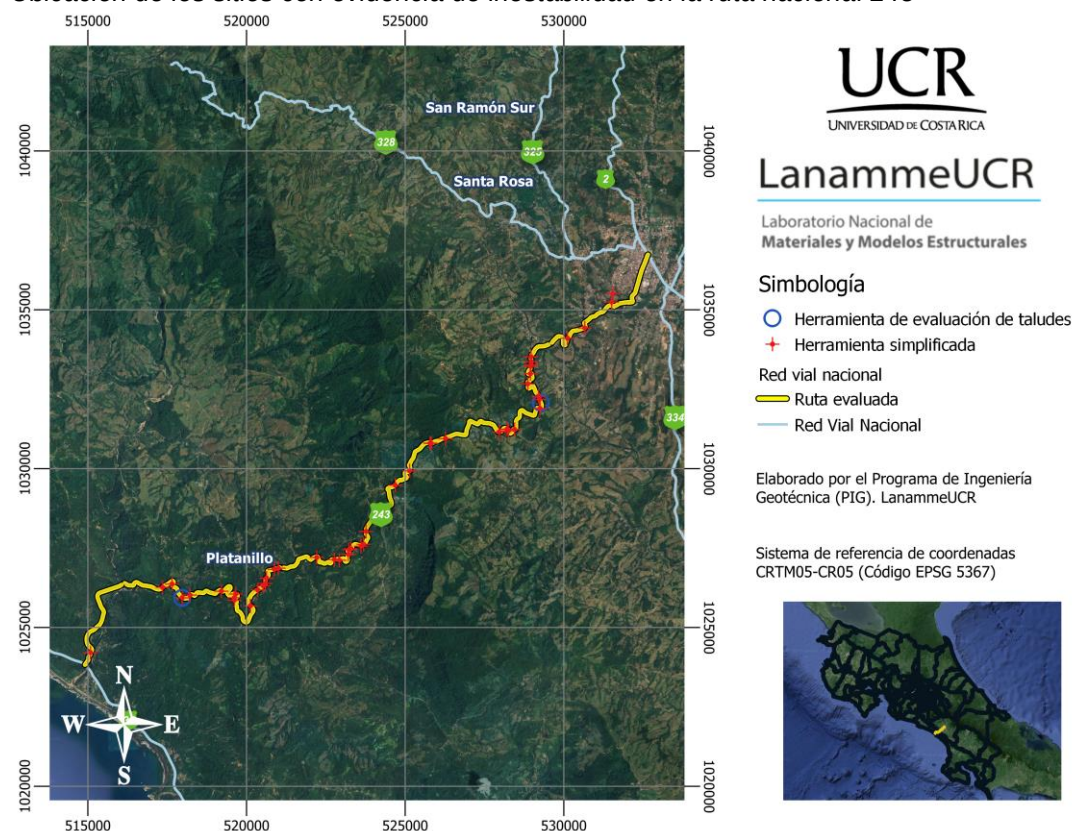




Tabla 2

Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,
		Este	Norte				Este	Norte	
1	5/3/2024	530659,51	1034428,27	3+501	24	5/3/2024	23/9/3332	18/2/4713	18+217
2	5/3/2024	530117,54	1034103,67	4+178	25	5/3/2024	18/7/3332	21/1/4713	18+291
3	5/3/2024	528968,69	1033521,11	5+979	26	5/3/2024	30/6/3332	24/8/4712	18+469
4	5/3/2024	528975,81	1033366,37	6+136	27	5/3/2024	18/9/3331	23/2/4712	19+012
5	5/3/2024	528963,99	1033259,94	6+243	28	5/3/2024	17/4/3331	16/3/4712	19+172
6	5/3/2024	528944,03	1033225,27	6+284	29	5/3/2024	8/10/3329	22/5/4712	19+979
7	5/3/2024	528948,36	1032988,94	6+620	30	5/3/2024	16/6/3326	18/6/4711	21+405
8	5/3/2024	528865,56	1032669,68	7+050	31	5/3/2024	14/2/3326	14/5/4711	21+532
9	5/3/2024	529203,26	1032275,29	7+767	32	5/3/2024	6/6/3325	7/8/4710	22+003
10	5/3/2024	529225,81	1032180,45	7+866	33	5/3/2024	4/6/3325	4/8/4710	22+006
11	5/3/2024	529251,01	1031894,81	8+203	34	5/3/2024	6/5/3325	24/2/4710	22+187
12	5/3/2024	528448,70	1031231,30	9+689	35	5/3/2024	25/2/3325	8/12/4709	22+306
13	5/3/2024	528259,54	1031193,62	10+004	36	5/3/2024	5/9/3324	2/8/4709	22+524
14	5/3/2024	528213,84	1031243,97	10+081	37	5/3/2024	15/1/3324	20/3/4708	23+181
15	5/3/2024	527962,28	1031153,86	10+388	38	5/3/2024	25/8/3322	14/9/4708	24+693
16	5/3/2024	526269,71	1030944,80	12+653	39	5/3/2024	27/8/3322	28/11/4708	24+768
17	5/3/2024	525825,04	1030793,45	13+130	40	5/3/2024	10/10/3322	27/3/4709	24+989
18	5/3/2024	525787,21	1030802,76	13+168	41	5/3/2024	15/7/3321	23/6/4709	25+881
19	5/3/2024	525141,04	1029932,13	14+405	42	5/3/2024	31/10/3318	23/2/4709	27+023
20	5/3/2024	524687,71	1029478,21	15+225	43	5/3/2024	25/2/3318	26/11/4708	27+339
21	5/3/2024	523765,56	1028023,85	17+248	44	5/3/2024	13/4/3317	2/2/4710	27+900
22	5/3/2024	523691,46	1027618,28	17+719	45	5/3/2024	18/6/3316	25/10/4709	28+408
23	5/3/2024	523609,41	1027557,05	17+821	46	5/3/2024	31/3/3310	8/3/4704	32+820

Tabla 3

Ubicación de los sitios evaluados con la herramienta de evaluación de taludes en carretera del PIG del LanammeUCR

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,
		Este	Norte				Este	Norte	
1	5/3/2024	529271,746	1032079,3	7+976	2	5/3/2024	517971,633	1025930,55	27+337

V. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

Con la finalidad de evaluar la condición y contar con un inventario de los taludes que presentan indicios de inestabilidad a lo largo de la ruta nacional 243, se utilizó la herramienta bajo la metodología descrita en apartados anteriores, para evaluar la condición de taludes.

A continuación, se muestra el resumen de los resultados de la inspección y evaluación de los taludes realizados con ayuda de la herramienta RC-545 "herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02 para la inspección de taludes en carretera, aplicado a los sitios identificados con evidencia de inestabilidad de la ruta nacional 243, en los que las condiciones de la carretera permitieran un acercamiento al sitio, suficiente para realizar la inspección visual y mediciones necesarias para la evaluación sin poner en riesgo la integridad de los evaluadores y el equipo de trabajo.

De manera general los sitios identificados con alguna evidencia de inestabilidad son taludes que en la mayoría de los casos presentan un patrón de afectación por escorrentía superficial. Cabe resaltar que a lo largo de la ruta y de manera recurrente se observa la deficiencia en los sistemas para el control y manejo de agua, principalmente en la corona de los taludes, y la presencia de cunetas al pie no abarca la totalidad de la vía, que en algunos sitios se encuentra en mal estado, y aunado a esto hay ausencia de elementos de drenaje y sistemas de control de erosión.

En la Figura 2, se identifica un deslizamiento de poca altura ubicado en el estacionamiento 22+187, que sumado al movimiento de la masa de suelo presenta daño en el pavimento y en la estructura de la cuneta, la cual se encuentra desplazada verticalmente del nivel del terreno. Esta condición se conoce como levantamiento al pie del talud y es indicativo de inestabilidad. De manera general se recomienda mantener monitoreo del sitio para verificar que las condiciones observadas se magnifiquen y reestablecer el nivel de la cuneta para garantizar su funcionamiento.

Figura 2

Levantamiento al pie del talud del estacionamiento 22+187



En la Figura 3 se muestran dos sitios con estructuras de retención en mal estado. La Figura 3 (a) es un muro con anclajes que presenta desplazamiento en la corona de aproximadamente 3 cm, y la Figura 3 (b) es un muro de gaviones que presenta pérdida de material por falla en la malla que conforma una de las canastas de los primeros niveles del muro. Estas estructuras de retención en su estado actual no cumplen su función de manera óptima, por lo que se considera apropiado realizar análisis más profundos de los sitios mencionados, para determinar si se requiere algún tipo de intervención adicional.

Figura 3

Muros de retención con evidencias de falla en los estacionamientos 17+719 y 14+404



En la Tabla 4 se muestra el resumen de la evaluación del talud del estacionamiento 7+976 está conformado por roca en condición sana, ya que la fracturación en la cara del talud es poca. La altura del talud es de 11 m y la pendiente escarpada con una inclinación aproximada de 70°, lo que favoreció la falla por volcamiento. El sitio presenta afectación en la cara del talud por erosión asociado a la ausencia en las estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial.

Se identifica un pequeño volumen de material caído como evidencia de movimiento en el sitio. Adicionalmente cabe resaltar que no se identifica presencia de obras de retención, las viviendas y comercios más cercanas al talud están a más de 15 m de distancia, mientras que las redes eléctricas están entre 3 m y 8 m de distancia. Finalmente, no se observaron redes de agua potable, puentes vehiculares cercanos, pasos peatonales ni presencia de cultivos.

Tabla 4

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 7+976

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	5/3/2024
	Ruta	243
	Latitud	9,33381855
	Longitud	-83,73351692
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	70°
	Altura del talud	11 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca sana
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Poco fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
	Vegetación	Autóctona
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Planar
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	Seco
Evidencia de movimiento	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	Más de 15 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Arterial menor
	Presencia de redes eléctricas	3 m - 8 m
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
	Presencia de cultivos	No hay
Recomendación final		Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud





Dado que el resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 da un nivel de incidencia bajo a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. Las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial, implementación de técnicas para el control de la erosión y limpieza del material caído son suficientes para mejorar la condición del talud.

En la Tabla 5, se identifica el talud ubicado en el estacionamiento 27+337 está conformado por un material compuesto de roca y suelo, primordialmente roca en condición medianamente fracturado alcanza la altura de 50 m y su pendiente es compuesta con inclinación de aproximadamente 55°. Al momento de la evaluación el talud no presenta una superficie de falla claramente definida, sin embargo, se identificó en la cara del talud la presencia de cárcavas debido al inadecuado manejo de aguas de escorrentía superficial. Como evidencia de movimiento únicamente se identificó un pequeño volumen de material caído.

Tabla 5

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 27+337

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	5/3/2024
	Ruta	243
	Latitud	9,27828309
	Longitud	-83,83641558
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
Caracterización del talud	Pendiente	55°
	Altura del talud	50 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Compuesto (primordialmente roca)
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Medianamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Con Bermas
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Formación de cárcavas
	Agua en el talud	Seco
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	50 a 200 - Muy pequeño
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	8 m - 15 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Arterial menor
	Presencia de redes eléctricas	3 m - 8 m
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
	Presencia de cultivos	No hay
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 27+337 una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud y el material caído acumulado al pie del talud, así como la formación de cárcavas, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para efectuar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar el levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Además, se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar una mejora en el sistema de drenajes existente, el diseño y construcción del sistema de drenajes específico adecuado para el talud.



VI. COMENTARIOS FINALES

Después de realizar la visita de campo a la ruta nacional 243, de manera general se resalta que la mayoría de los taludes existentes carecen de sistemas adecuados para el control de la escorrentía superficial, por lo que se recomienda implementar medidas integrales de mitigación para detener y evitar la erosión de la cara de los taludes, así como, colocar sistemas para el control de la escorrentía superficial y evitar que se magnifiquen los problemas de estabilidad que fueron observados.

Es recomendable mantener el monitoreo de los sitios con evidencias falla en las estructuras de retención, en caso de evidenciar la amplificación de las evidencias observadas, se sugiere realizar los levantamientos de los taludes, ya que las inestabilidades en estos taludes afectan directamente la vía ocasionando pérdida parcial o hasta total de su ancho, debido a los deslizamientos de mayor magnitud. Es necesario realizar los análisis pertinentes para brindar las recomendaciones apropiadas para la condición del talud.

Se sugiere llevar a cabo estudios adicionales incluyendo ensayos in situ y de laboratorio, que constituye una exploración geotécnica más a detalle que permita establecer un modelo geotécnico específico y representativo de los sitios que no pudieron ser evaluados con la herramienta RC-545, pero que, con el registro mostrado en apartados anteriores, queda en evidencia que, ante una posible inestabilidad el nivel de afectación a las estructuras cercanas puede ser alto. Posterior a esto, realizar los respectivos análisis de estabilidad en condición tanto estática como pseudo-estática, así como evaluar diferentes condiciones de saturación de los materiales, dada la influencia observada en los análisis del presente informe, así como también evaluar diferentes propuestas de estabilización de los taludes y su respectiva optimización, en caso de ser necesarias. La omisión de estos aspectos podría significar riesgos económicos a la Administración y a los usuarios de la ruta.

Adicionalmente, para los casos mencionados en apartados anteriores, en los que se requiere un análisis más específico, por ejemplo, sitios en los que el talud presenta una superficie de falla claramente definida, resulta apropiado identificar la superficie de falla crítica tras modelar en tres dimensiones la geometría resultante luego del deslizamiento, y analizar esta superficie en dos dimensiones, modificando las condiciones de análisis, es decir, estática, pseudoestática, seca y saturada. Este enfoque permite simular el comportamiento de la misma superficie de falla bajo diferentes condiciones y, de esta manera, obtener resultados más representativos. Estos resultados proporcionarán la base para ofrecer recomendaciones específicas por parte de un ingeniero especializado en geotecnia que esté a cargo del proyecto.



VII. RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN

Dado el alcance de las inspecciones y evaluaciones realizadas en los sitios visitados, en este informe no es posible emitir recomendaciones y diseños detallados de alguna obra de retención. Así pues, corresponde a la Administración la designación de un profesional en geotécnica para la elaboración de un estudio completo y la emisión de las propuestas de las obras de estabilidad o retención de talud, en caso de ser necesarias.

De manera general se sugiere llevar a cabo estudios adicionales incluyendo ensayos in situ y de laboratorio, que constituya una exploración geotécnica más a detalle. Con ello sería posible establecer modelos geotécnicos específicos y representativos de cada uno de los taludes analizados y, posterior a esto, realizar los respectivos análisis de estabilidad.

Sin embargo, de la visita de campo realizada, fue posible observar que los taludes analizados carecen de sistemas de drenaje superficial y control de la escorrentía superficial. Por lo cual se recomienda construir sistemas de drenajes en el propio talud, así como llevar a cabo el diseño y construcción del sistema de drenajes específicos para los problemas observados en cada uno de los taludes evaluados, estos sistemas deben incluir contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial. El diseño de estas obras deberá estar a cargo y bajo la supervisión del ingeniero en geotecnia encargado del proyecto, designado por la Administración.

Se considera recomendable la colocación de métodos adecuados para el control de la erosión superficial, tales como: vegetación, geomantas, biomantas, entre otros. Estos métodos deben contar con un diseño específico para el sitio evaluado y el diseño y selección del método deberá estar a cargo y bajo la supervisión del ingeniero en geotecnia encargado del proyecto, que indique la forma adecuada de colocar estas alternativas, con el fin de optimizar la solución y no generar problemas mayores a posteriori.

Dada la dificultad para acceder a ciertos taludes y hacer una evaluación apropiada del sitio determinado, así como para conocer su topografía específica, se recomienda realizar el levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED) como medida alternativa para generar dicha topografía, y posteriormente realizar análisis con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.



EIC-Lanamme-INF-1201-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 18 de 18
---------------------------	---	-----------------

VIII. REFERENCIAS

- LanammeUCR (2023). **RC-545 Herramienta del LanammeUCR para la inspección de taludes” V02, en Survey123**. LanammeUCR. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.
- Programa de Ingeniería Geotécnica (2023). **IT-IN-05 “Procedimiento para inspección de taludes” V02**. LanammeUCR. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.